飞行场景中表征动量的地标吸引效应和排斥效应*

晏碧华　刘晓敏　刘浩哲

(陕西师范大学心理学院暨陕西省行为与认知神经科学重点实验室，西安 710062)

摘　要　设置了安全和危险两种地标，采用诱导运动范式考察了飞行场景中运动目标和关联地标的相对关系、目标运动方向及关联地标的意义特征和呈现时间对运动目标位置判断的影响。结果显示：(1)飞行场景中飞机的表征动量较强；(2) 趋近安全地标的表征动量大于远离安全地标的表征动量，趋近危险地标的表征动量小于远离危险地标的表征动量，安全地标呈现出地标吸引效应，而危险地标呈现出地标排斥效应；(3) 高关联的安全和危险地标使飞机的表征动量不受运动方向影响；(4) 保持间隔期间呈现的安全和危险地标使飞机的表征动量增加。结论：表征动量的地标效应受制于地标意义特征，表征动量受到目标和地标之间的因果关系和情景意义的影响。

关键词　表征动量；地标吸引效应；地标排斥效应；情景；向前偏移量

分类号　B842

1　引言

在视觉空间，对运动物体位置的判断有助于我们成功处理各种复杂的运动情景，表征动量就是为了弥补行为与运动物体的时间差而发展出的一种补偿机制。我们能准确地投掷、拦截或躲避运动的物体，都要依赖于人类进化历程中逐渐发展出的这种适应功能，它的存在有利于我们更好的与周围环境互动(Hubbard, 2005)。表征动量(representational momentum, RM)是指人们对运动物体最终位置的判断会沿着物体运动方向向前偏移(forward displacement) (Freyd & Finke, 1984)。尤其是在视觉领域，已经积累了大量的研究成果(综述见，Hubbard, 2005, 2010, 2014, 2017)，诸多理论分别从知觉水平、认知水平和功能水平等对表征动量现象进行了解释(Hubbard, 2010)。Hubbard (2017)将表征动量和其它类动量效应(momentum-like effects)如注意动量、行为动量、操作动量等一起看作是人类知觉和动作的基本适应模式。

1.1　运动目标的意义属性、运动方向与表征动量

实验室研究中，多种类型视觉目标刺激均发现了表征动量现象。简单的刺激材料主要采用单一的几何图形，复杂刺激如凝固动作图片(frozen-action photographs)是从视频中截取动作片段(Freyd, 1983)，或采用虚拟现实技术构建生活场景(Thornton & Hayes, 2004)，或采用视频材料(Blätter, Ferrari, Didierjean, & Maemeche, 2011, 2012)。

运动目标的形状、意义属性、运动方向等影响表征动量(Hubbard, 2005)。当采用有指示形状的运动目标(例如箭头、胡萝卜等)，目标指向与运动方向一致时的表征动量大于两者不一致时的值(Freyd & Pantzer, 1995; Nagai & Yagi, 2001)。Freyd 和 Miller (1992)发现当目标是具有生命属性的刺激时，“头”朝前的运动方向的偏移量大于“头”朝后时的值。董蕊(2015)采用生动的刺猬简笔画和 Pacman 图区分了指向效应和朝向效应，发现运动朝向效应仅仅作用于水平向右和垂直向下方向。不过，表征动量效应具有方向上的普遍性。在运动目标的运动方向上，多个研究都报告以被试为第一视角时发生了沿着视线方向的偏移，包括常见的直线运

动、环形运动(Hubbard, 1996)、螺旋运动(Freyd & Jones, 1994)等。这说明表征动量不是某一特定运动方向上的个别现象，而是涉及各个运动方向、各种运动形式的不可消除的一种现象。但是不同的运动方向所产生的偏移量是不同的。在直线运动上，水平方向比竖直方向运动的向前偏移更大，竖直下降运动比竖直向上运动的向前偏移更大(Hubbard & Bharucha, 1988; Hubbard, 1990; 董蕊, 2015)，水平向右比水平向左运动的向前偏移更大(Halpern & Kelly, 1993; Kerzel, 2003)。可见，对运动客体偏移量的研究要综合性考虑运动目标本身的表征动量效应、指向效应和运动朝向效应。

1.2 背景、地标、因果关系与表征动量

表征动量受认知或物理背景的影响，有背景效应。Hubbard (2014)总结认为有以下背景信息影响表征动量：阴影、多模式(通道)信息、非目标刺激、场景、多客体之间的因果关系及其它非动量的隐含物理原则。研究发现周围背景会对目标产生了吸引力，使观察者在判断时发生了朝着周围背景偏移的倾向，这些背景包括包围着运动目标的正方形(Hubbard, 1993)、光栅条(Whitney & Cavanagh, 2002)、生活场景背景(Thornton & Hayes, 2004)等。尤其是具有生态效度的场景材料也发现表征动量现象更是说明了观察者根据已有的生活或知识经验对该情景中接下来可能发生的事情进行了准确预估，其判断依赖于丰富的生活经验。可见，表征动量是客体物理运动和背景联合作用于观察者判断的结果，有关运动目标的概念性知识(e.g., Reed & Vinson, 1996)影响着表征动量。Blätter 等(2011, 2012)发现，相比无经验的被试，汽车和飞机驾驶经验丰富的驾驶人表现出更大的偏移量，这也生动说明了预先背景知识和期望的影响。Didierjean, Ferrari 和 Blättler (2014)归纳了各种形式的影响表征动量的背景知识，并用专家新手范式介绍了专家知识的影响，认为表征动量效应部分地是一个“领域特殊”现象，涉及每个类别的场景和目标的知识。

关于背景的例子都是“广阔”的，背景全部或部分地包围着运动目标，然而，背景的含义也可能是某种局部性的，只有一个物体或地标构成了对目标的某一方向上的参考。Hubbard 和 Rupple (1999)认为人们在定位物体的位置时，常常会感知到运动物体朝着静止物体运动的现象，称之为地标吸引效应(Landmark attraction effect)。他们采用黑色小方块作为运动目标，黑色大方块作为地标，发现当目标朝向地标运动时，目标的前移量增加，当目标远离地标运动时，目标的前移量减小，显示大方块对小方块具有吸引效应。并且，经过大的固定地标一侧的运动目标会被认为朝着该地标移动(Hubbard & Rupple, 1999)，靠近较大的固定地标的固定目标也会被感知到移向了该地标(Hubbard & Ruppel, 2000)。Hubbard (2008)还检验了运动客体对静止客体移位的影响，发现静止客体前进位移的大小随着移动目标速度的增加而增加，随着静止物体与移动目标最终位置的距离的增加而减小，从另一个角度说明运动目标和关联客体的相互作用对感知移位的影响。进一步，Hubbard 和 Ruppel (2017)采用无意义刺激考察了运动目标和发动物客体的相互运动中感知因果关系、感知力和感知阻力的变化，发现随着两者距离增加，感知因果关系和感知力降低，感知阻力上升，再次证实运动客体和关联客体的相互影响。

Kerzel (2003)认为用分心物(distractor)而不是地标来表达非目标刺激更加合适。应该说，分心物一词局限于非目标的呈现时间和时长，地标一词更具有广泛性。因此本文沿用地标一词。且地标一词是相对中性的，地标作为关联客体对运动目标的作用可能是发动作用，也可能是抑制作用，而分心物的作用就相对单一。Hubbard, Blessum 和 Ruppel (2001)考察了目标运动归因对表征动量的影响，当观察者把运动客体的运动归因于其它物体时(发动效应)，被

试对运动客体位置记忆的偏移量减小，因此表征动量的大小还取决于目标外部的力量，不过发动效应带来的偏移量没有夹带效应(the entraining effect)带来的偏移量大(Hubbard, 2013a)。刘浩强(2014)发现当被试把运动物体的动量归因于运动物体自身时，目标刺激的表征动量不会受到外部其它物体的冲力影响，因此不会下降。上述运动归因解释相对是单向的，没有更多考虑到目标和关联地标客体的相互作用。Hubbard (2013a, 2013b)对运动客体和关联客体(地标)的因果关系进行了总结，认为两者的相互作用有发动(launching)、触发(triggering)、牵引(traction)、制动(braking)、排斥(expulsion)等等，诸多刺激变量和观察者个体变量会影响我们对运动目标和关联客体因果关系的判断，如客体特性、客体空间定位、背景、学习和经验、预期、先验理解、邻近性推理、特定神经结构等。理解与认知过程相关的客体间因果关系涉及知觉和认知中的根本问题，以及知觉和认知如何适应日常生活的问题。

1.3　注意与表征动量

在诱导运动中，当运动目标刺激相邻呈现的时间间隔(internal stimulus interval, ISI)大于50 ms时，观察者将其知觉为单个的动态刺激在做线性运动，即诱导运动。诱导刺激消失后到探测刺激出现的时间是保持间隔时间(retention interval, RI)，诱导运动偏移量的峰值在保持间隔时间200~300 ms时出现(e.g., Finke & Freyd, 1985)。

关联地标的呈现时间可能会改变被试对运动目标的注意。而注意在表征动量产生中发挥的作用尚未形成一致看法。一些研究证实，对运动目标注意减少和分心刺激都使得对目标刺激的偏移量增大(Hayes & Freyd, 2002; Munger & Owens, 2004; Joordens, Spalek, Razmy, & van Duijn, 2004)，国内学者通过控制时距和线索呈现时间发现随着对运动目标的注意增大，表征动量减小(翟坤，张志杰, 2012, 2013)，注意对表征动量有抑制作用。而Kerzel (2003)却发现干扰刺激使得被试对运动目标的注意减少，注意被干扰刺激捕获，被试对运动物体的位置定位未表现出表征动量现象。Kerzel认为这说明注意是表征动量发生的必要条件，注意对表征动量具有促进作用。Hubbard, Kumar和Carp (2009)发现线索呈现在保持间隔时减小偏移的程度显著大于线索呈现在诱导期间减小偏移的程度，在两种条件下，线索呈现均减小了表征动量。不过，他们并没有过多讨论注意功能。上述看似矛盾的结果和观点其实可以从一个更为综合性的角度去考虑。注意是产生表征动量的必要条件(Kerzel, 2003)，说明注视运动目标才能有表征动量现象，但如果对目标集中注意，对运动目标的精确定位就更好，表征动量减小。如果运动目标注意减少和有分心刺激(e.g., Hayes & Freyd, 2002; Kerzel, 2003)，其表征动量可能取决于运动目标的意义属性或运动目标与关联客体(分心物，地标)的相互关系。

1.4　关于本研究

先前有关运动目标和地标的研究均限于探讨刺激的大小、运动速度等物理特征对另一方表征动量的影响。本研究将采用诱导运动范式探索飞行场景中的表征动量效应。诱导运动目标是有意义属性的飞机图像，并呈现和飞机关联强度较大、有明确因果关系的安全和危险地标，使蕴含认知情绪色彩的关联地标对运动有一定发动效应(有正负两个方向)，两者共同构成有一定情景意义的运动场景。研究拟考察飞机运动目标和关联地标的相对关系、运动目标的运动方向及关联地标的意义属性和呈现时间对表征动量的影响。主要研究假设有: (1)表征动量和地标效应对运动物体位置偏移的影响是相结合的；(2)地标对表征动量的影响具有认知可渗透性，受到地标的意义(情景)的影响；(3)有意义地标呈现时间引发的注意改变影响运动目标表征动量。

文章的基本观点是将运动目标和关联的非目标刺激看作能够相互影响、相互作用的统一

体，探索本实验条件下表征动量是否受到运动目标和关联地标的概念特征及构成的情景意义知识的影响，以期再次证明表征动量不只是简单的知觉过程，也反映了高水平的认知加工。

2　实验 1a：诱导期间呈现安全地标的表征动量

2.1　目的

本实验中地标为简易跑道，飞机跑道对于飞机来讲是安全地标，飞机和跑道构成了安全场景。实验考察地标在诱导期间呈现时，飞机和安全地标的相对关系及飞机的运动方向对表征动量的影响。

2.2　方法

2.2.1　被试

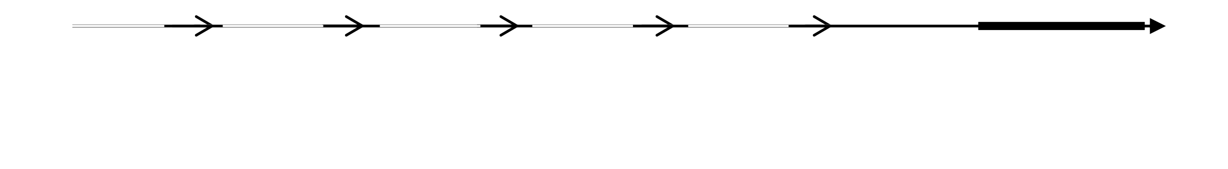
自愿参加实验的陕西师范大学本科生 14 名(其中男性 4 名，女性 10 名)，平均年龄为 19.21 岁(*SD* = 1.01)，视力或矫正视力正常，无色弱或色盲，均为右利手，都没有参加过类似实验。实验结束后每名被试获得一定的报酬。

2.2.2　实验设备和实验材料

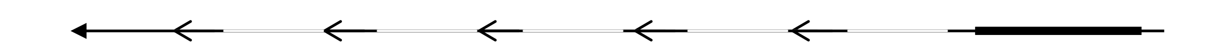
实验采用计算机来呈现和收集数据，显示屏为 19 英寸，屏幕分辨率为 1024×768，刷新频率为 85 Hz，在安静的环境下进行实验，实验使用 E-prime 程序设计。被试距离显示屏约 55 cm。

目标刺激为一架“运动”的飞机，大小为 89×83 pixels，地标是一个静止的跑道，大小为 138×99 pixels。两者均呈现在白色背景的计算机屏幕上。每个试验中的目标刺激由 6 个依次呈现的飞机图片构成，其中前 5 个飞机图片称为诱导刺激，第 5 个飞机图片是需要被试记忆的刺激，也被称为记忆刺激，诱导刺激前后两次呈现的飞机图片间隔 70 pixels，第 6 个呈现的飞机图片被称为探测刺激。探测刺激的位置一共分为 3 种类型：位于记忆刺激前方(forward)，与记忆刺激的位置重合(same)，位于记忆刺激后方(backward)。探测刺激与记忆刺激位置的间隔有：−15, −10, −5, 0, +5, +10, +15 pixels 共 7 种情况。每个诱导刺激的呈现时间为 250 ms，在相邻前后两个诱导刺激呈现的间隔要呈现空白屏 250 ms，即时间间隔(ISI)为 250 ms。静止的地标跑道与第一个诱导刺激同时出现，与最后一个诱导刺激同时消失，呈现 2250 ms，如图 1。

在飞机趋近跑道情况下，第一个诱导刺激处于距离屏幕左侧 200 pixels (从左往右运动)或距屏幕右侧 200 pixels 的位置(从右往左运动)，相应地，地标处于距离屏幕右侧 106 pixels (从左往右运动)或距屏幕左侧 106 pixels (从右往左运动)；在飞机远离跑道情况下，第一个诱导刺激处于距离屏幕左侧 389 pixels (从左往右运动)或距屏幕右侧 389 pixels 的位置(从右往左运动)，相应地，客体刺激处于距离屏幕左侧 110 pixels (从左往右运动)或距屏幕右侧 110 pixels 的位置(从右往左运动)。诱导刺激在计算机屏幕上依次呈现，使得被试知觉飞机在做水平向右或水平向左运动。飞机的起始位置不同，相应的最终停止的位置也不同，被试需要记忆的位置就不同，这样的设计以防被试在实验过程中仅仅盯住屏幕中的一个点来做判断。每个被试共进行 224 次正式实验：7(探测位置：–15, −10, −5, 0, +5, +10, +15)× 2(运动方向：从左向右、从右到左)× 2(相对关系：趋近、远离)× 8(重复次数)，每个试验的顺序是随机呈现的。



(从左到右趋近)



(从右到左远离)

图 1　实验 1a 中 trial 程序示意图

2.2.3　实验程序

在正式实验开始前，先让每个被试进行 10 次练习实验，其中，从左向右的练习 5 次，从右向左的练习 5 次，并且 10 次练习实验中确保每个探测刺激都练习了 1~2 次。

每次试验的流程: (1)被试按照指导语提示按空格键开始实验; (2)诱导刺激和地标同时呈现在计算机屏幕上，诱导刺激依次呈现，被试追踪诱导刺激的运动; (3)诱导刺激和地标消失后，呈现探测刺激，要求被试对探测刺激和记忆刺激(最后一个诱导刺激)的位置是否相同并做出按键反应，探测刺激的位置与记忆刺激位置相同按 F，不同按 J; (4)一次试验完成后，被试进行下一次试验。整个实验持续约 40 分钟，中间安排被试适当休息。

2.2.4　数据收集

探测反应的分布提供了偏移量的估计值。实验记录了“相同”反应百分比，指的是被试在某个探测位置上按“相同”反应次数占该位置的总的试验次数的百分比(Freyd & Finke, 1984)，反映了被试把该位置当作记忆刺激位置的容易程度(Munger & Owens, 2004)，早期研究对各个探测点的“相同”反应百分比来进行相互比较判定是否出现了表征动量，但是这种计算方式默认被试对每一种探测刺激进行反应时的难度是一样的。后来的研究使用“相同”反应的偏移加权均数(weighted measure, WM)来计算表征动量(Johnston & Jones, 2006; Hubbard & Courtney, 2010; 董蕊, 2015)，本实验也将计算出偏移加权均数并分析各实验条件下的表征动量差异。WM 的具体算法是：该探测刺激位置的相同反应百分比乘以该探测刺激的位置(方向和距离)并求总和，然后与总的相同反应百分比相除。WM 值包含方向和距离，正值说明偏移与运动方向一致，负值表示偏移与运动方向相反，WM 的绝对值代表偏移量的大小，数值

越大说明偏移程度越大。如果偏移加权均数显著大于零，显示产生表征动量。所收集数据用SPSS 16.0进行计算。

2.3 结果与分析

本系列实验均依照前例(e.g., 董蕊, 2015)删除了以下数据：反应时小于150 ms或大于3000 ms的试验；在该被试的平均反应时3个标准差之外的试验；某个被试的全部数据中，如果需要被删除的数据超过了其总实验次数的25%。本实验共删除169个试次，占总试次5.39%。

实验1a条件下的不同相对关系中，每个探测位置上被试做出的“相同”反应百分比情况见图2。探测位置的正值表明探测点的移动(shift)与运动方向一致，负值则和运动方向相反。

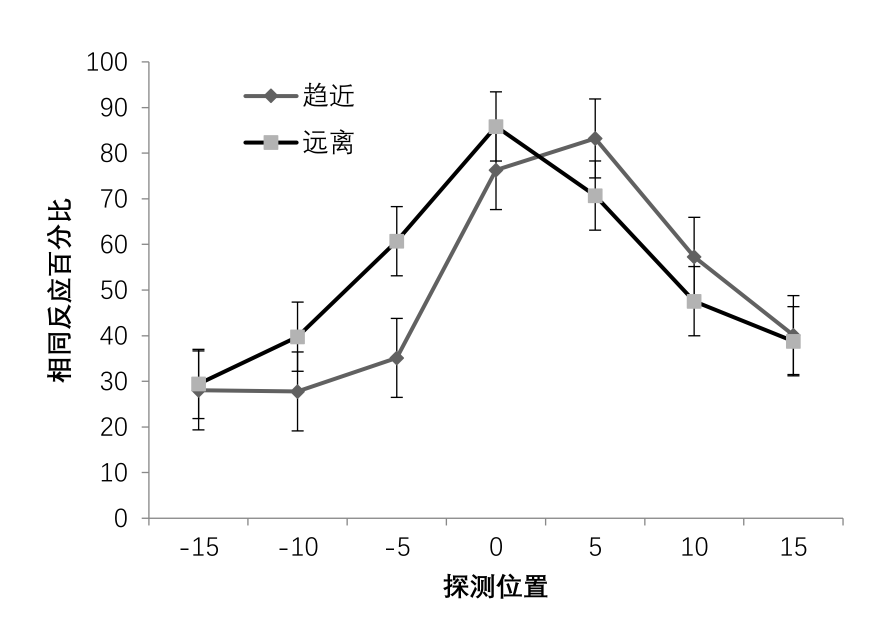


图2 不同相对关系中各探测位置“相同”反应百分比(实验1a)

在“相同”反应百分比基础上计算出偏移加权均数，对−15, −10, −5, 0, +5, +10, +15 pixels共7个距离分别记为−3, −2, −1, 0, 1, 2, 3七个距离单位(一个距离单位5 pixels)来进行计算。首先，对各条件下偏移加权均数是否大于0进行了检验。当飞机从左往右趋近跑道时，偏移加权均数(M = 2.37, SD = 1.58)显著大于0, t (13) = 5.60, p < 0.001, d = 1.497；当飞机从右往左趋近跑道时，偏移加权均数(M = 3.18, SD = 1.37)显著大于零，t (13) = 8.72, p < 0.001, d = 2.321；当飞机从左往右远离跑道时，偏移加权均数(M = 1.21, SD = 0.50)显著大于0, t (13) = 9.05, p < 0.001, d = 0.420；当飞机从右往左远离跑道时，偏移加权均数(M = 0.73, SD = 0.82)显著大于0, t (13) = 3.32, p < 0.01, d = 0.890，表明在上述4种情形下，均出现了最终位置的判断向前偏移现象。

以运动方向和相对关系为自变量，偏移加权均数为因变量进行两因素重复测量方差分析，结果显示，运动方向的主效应不显著，F (1, 13) = 0.20, p = 0.663；相对关系的主效应显著，F (1,13) = 37.57, p < 0.001, η^2_p = 0.743，趋近情况下的偏移加权均数更大；运动方向和相对关

系的交互效应不显著, F (1,13) = 3.59, p = 0.082。

2.4 讨论

“相同”反应百分比数据显示，被试在不同的探测刺激位置上的“相同”反应百分比不同。虽然−15、−10、−5 和+15、+10、+5 的位置与 0 位置的距离是相等的，但是被试前者的“相同”反应百分比明显低于后者，说明个体更倾向于认为与运动方向一致的探测位置是与飞机消失时的位置相同的，也就是说，个体对飞机消失位置的记忆发生了沿着运动方向的偏移。偏移加权均数数据进一步说明，不论飞机是水平向左运动还是水平向右运动、是趋近跑道还是远离跑道，被试对飞机消失时的位置的记忆都出现了沿着飞机运动方向的偏移，即出现表征动量效应。并且由于飞机具有指向性，其表征动量效应较大。

偏移量受到飞机目标和地标相对关系的影响，飞机趋近地标的偏移加权均数显著大于远离情况下的偏移加权均数。这个结果与前人研究中提出的地标吸引效应(Hubbard & Ruppel, 1999)一致，显示跑道对飞机具有吸引效应，不过这种吸引效应可能包括了普通地标存在的吸引效应和跑道对飞机的吸引作用，或说总体上体现了跑道作为特殊地标对飞机的吸引作用。具体来看，趋近和远离两种条件下的表征动量具有显著差异可能是因为：在趋近运动时，偏移量的产生一部分来自于沿着飞机前进方向的表征动量效应(+)，另一部分来自于跑道对飞机的地标吸引效应所产生的偏移量(+)，两者的累加增强了最终的表征动量；在远离运动时，偏移量的产生一部分来自于沿着飞机前进方向的偏移量(+)，另一部分来自于跑道对飞机的地标吸引效应所产生的偏移量(–)，两者的累加减弱了最终的偏移量。

飞机的运动方向对表征动量没有显著影响，这与一些研究发现水平向右运动时的偏移量大于水平向左运动的偏移量不一致(e.g., Halpern & Kelly, 1993; Hubbard & Ruppel, 1999; 董蕊, 2015)，可能是本实验条件下的地标设置改变了这种效应，还需要进一步验证。

3 实验 1b：诱导期间呈现危险地标的表征动量

3.1 目的

本实验中大山图像代替了实验 1a 中的飞机跑道，其余实验条件和实验 1a 相同。大山对飞机来说是一个危险的地标，因此实验目的在于考察危险地标在诱导期间呈现时引发的表征动量改变。

3.2 方法

3.2.1 被试

自愿参加实验的陕西师范大学本科生，共 14 名，其中有 6 名男生，8 名女生，平均年龄为 20.17 岁(SD = 1.89)，视力或校正视力正常，无色弱或色盲，均为右利手，都没有参加过类似实验。实验结束后每名被试获得一定的报酬。

3.2.2 实验设备、材料和程序

同实验 1a，唯一的区别在于实验 1b 中的地标是一座大山，见图 3。



图 3　实验 1b 中 trial 程序示意图(从左到右趋近)

3.3　结果与分析

本实验共删除 147 个试次，占总试次 4.68%。不同相对关系中每个探测位置上被试做出的“相同”反应百分比情况见图 4。

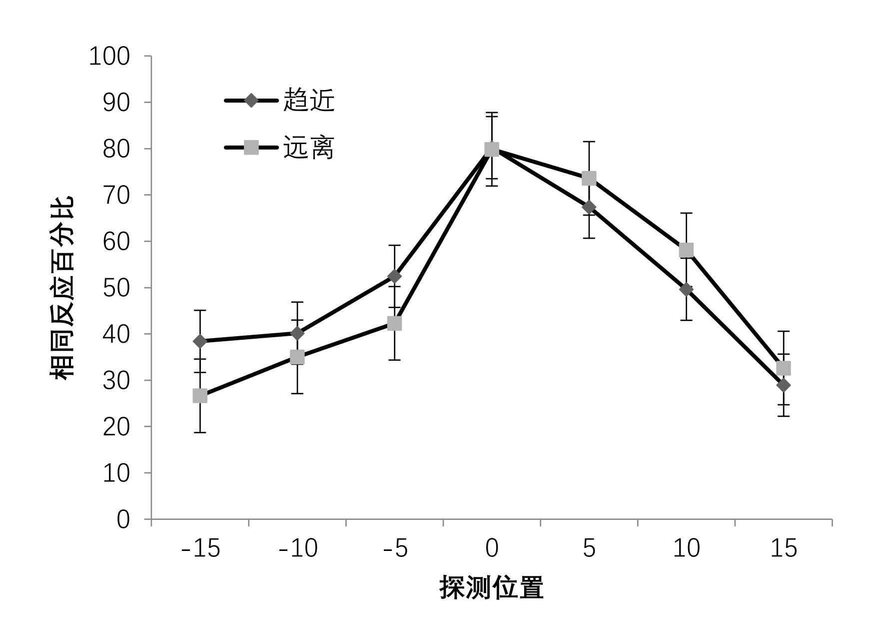


图 4　不同相对关系中各探测位置“相同”反应百分比(实验 1b)

本实验中, 3 种条件下飞机的偏移加权均数均大于 0: 从左往右趋近大山, M = 0.16, SD = 0.22, t (13) = 2.85, p < 0.05, d = 0.727; 从左往右远离大山, M = 1.85, SD = 1.27, t (13) = 5.45, p < 0.001, d = 1.457; 从右往左远离大山, M = 2.23, SD = 1.31, t (13) = 6.36, p < 0.001, d = 1.702, 表明这 3 种情形均出现了判断向前偏移现象。当飞机从右往左趋近大山时，偏移加权均数(M = 0.02, SD = 0.25)与 0 没有差异, t (13) = 0.35, p = 0.730, 表明无表征动量现象。运动方向和相对关系的方差分析显示，运动方向的主效应不显著, F (1,13) = 0.23, p = 0.639; 相对关系的主效应显著, F (1,13) = 58.79, p < 0.001, η^2_p = 0.819, 远离情况下的偏移加权均数更大; 运动方向和相对关系的交互效应不显著, F (1,13) = 1.29, p = 0.277。

3.4　讨论

当飞机趋近大山时，偏移加权均数显著小于飞机远离大山时的偏移加权均数，与实验 1a 的结果形成对比。造成这种结果的原因是：当地标是具有危险含义的大山时，普通地标的吸

引效应由于排斥意义地标的设置而被消解。当飞机趋近大山时，一方面由于表征动量的影响产生向前的偏移(+)，一方面来自大山的吸引效应减弱(–)，或说有来自大山地标的排斥，两者相加使得趋近时的偏移量减小或消失。当飞机远离大山时，表征动量的向前偏移(+)和大山“外推”作用(+)使得远离大山时的偏移量增加。本文将这种远离地标比趋近情况下的偏移量更大的现象称为地标排斥效应。可见，地标对运动目标的作用可以取决于地标本身的意义特征。

4 实验 2a：保持间隔期间呈现安全地标的表征动量

4.1 目的

实验 1 中的跑道或大山是在飞机的诱导运动期间一直呈现的，也就是观察者在较早时期就意识到安全地标或危险地标的存在。实验 2 的两个实验将改变地标的呈现时间，探索安全和危险地标在保持间隔时间(RI)短暂呈现对飞机表征动量的影响。因此，本实验将考察安全地标在保持间隔期间突然呈现时，飞机和关联地标的相对关系对表征动量的影响，同时探究飞机的运动方向对表征动量的影响。

4.2 方法

4.2.1 被试

本实验的被试和实验 1a 中的被试是一致的，他们在完成实验 1a 一周后参加本实验。同样在实验后获得一定报酬。

4.2.2 实验设备、材料与程序

实验设备、材料与程序与实验 1a 一致，仅有以下不同：关联的跑道地标在最后一个诱导刺激消失后在保持阶段(RI)呈现 250 ms。

4.3 结果与分析

本实验共删除 136 个试次，占总试次 4.34%。不同相对关系中每个探测位置上被试做出的“相同”反应百分比见图 5。

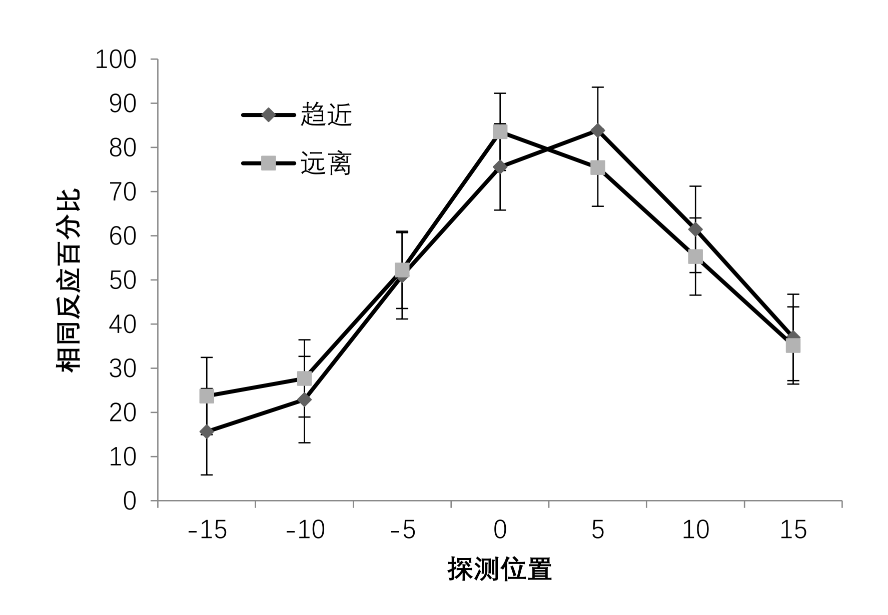


图 5　不同相对关系中各探测位置“相同”反应百分比(实验 2a)

本实验 4 种条件下运动目标的偏移加权均数均大于 0：从左往右趋近跑道，$M = 4.34$, $SD = 2.10$, $t(13) = 7.72$, $p < 0.001$, $d = 2.067$；从右往左趋近跑道时，$M = 2.74$, $SD = 2.19$, $t(13) = 4.67$, $p < 0.001$, $d = 1.251$；从左往右远离跑道，$M = 2.54$, $SD = 2.23$, $t(13) = 4.24$, $p < 0.01$, $d = 1.139$；从右往左远离跑道，$M = 1.92$, $SD = 1.91$, $t(13) = 3.76$, $p < 0.01$, $d = 1.005$，显示在 4 种情况下被试对运动物体消失时的位置记忆均出现了表征动量效应。运动方向和相对关系的方差分析显示，运动方向的主效应不显著，$F(1, 13) = 2.88$, $p = 0.113$；相对关系的主效应显著，$F(1, 13) = 7.26$, $p < 0.05$, $\eta^2_p = 0.358$，趋近情况下的偏移加权均数更大；运动方向和相对关系的交互效应不显著，$F(1, 13) = 0.80$, $p = 0.387$。

4.4　讨论

本实验再次发现了趋近安全地标的偏移加权均数显著大于远离地标的偏移加权均数，和实验 1a 结果一致。由于客体刺激是在保持间隔期间呈现的，运动目标消失后突然呈现的跑道使得被试的注意力发生转移，这种分散注意会使表征动量增加(Hayes & Freyd, 2002; Munger & Owens, 2004; Joordens et al., 2004)，从数值看本实验的偏移量也比实验 1a 大，当然，这还需要实验之间的综合比较才能验证。不过，可以推断本实验结果可能源于以下效应的累加：在趋近运动时，偏移量的产生一部分来自于沿着飞机前进方向的表征动量效应(+)，一部分来自于跑道对飞机的吸引效应所产生的偏移量(+)，还有一部分来自跑道作为分心物的注意效应(+)，三者的累加增强了最终的偏移量；在远离运动时，偏移量的产生一部分来自于沿着飞机前进方向的偏移量(+)，一部分来自于跑道对飞机的吸引效应所产生的偏移量(–)，还有一部分来自跑道作为分心物的注意效应(+)，三者的累加决定了最终的偏移量。

5　实验 2b：保持间隔期间呈现危险地标的表征动量

5.1　目的

本实验将考察危险地标在保持间隔期间突然呈现时，飞机和地标的相对关系对表征动量的影响，同时探究飞机的运动方向对表征动量的影响。

5.2　方法

5.2.1　被试

本实验的被试和实验 1b 中的被试是一致的，他们在完成实验 1b 一周后参加本实验。同样在实验后获得一定报酬。

5.2.2　实验设备、材料与程序

实验设备、材料与程序与实验 2a 一致，仅有以下不同：危险的大山地标在最后一个诱导刺激消失后在保持阶段(RI)呈现 250 ms。

5.3　结果与分析

本实验共删除 152 个试次，占总试次 4.84%。不同相对关系中每个探测位置上被试做出的“相同”反应百分比见图 6。

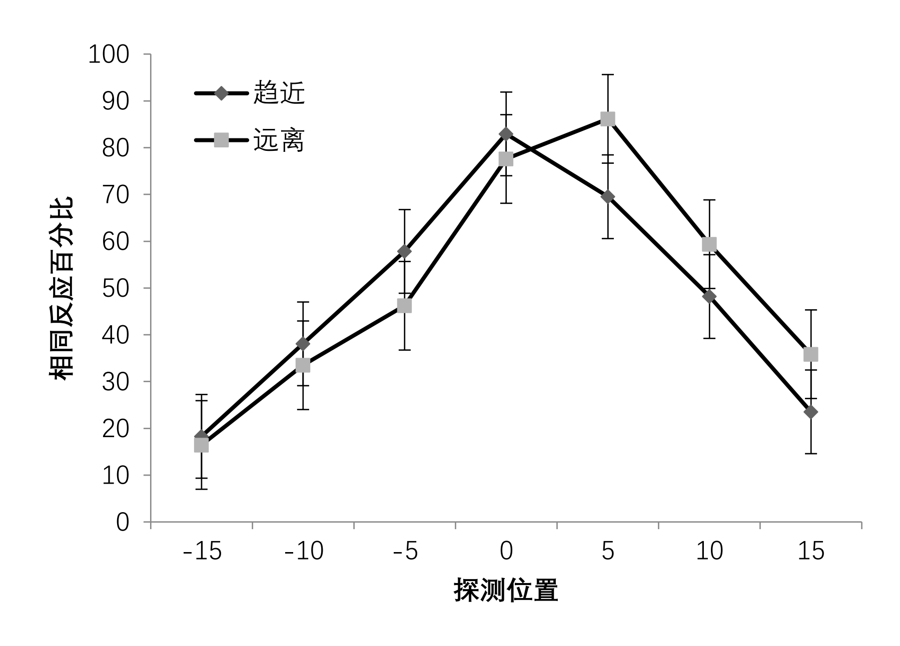


图 6　不同相对关系中各探测位置"相同"反应百分比(实验 2b)

4 种条件下运动目标的偏移加权均数均大于 0：从左往右趋近大山, M = 1.12, SD = 0.80, t(13) = 5.24, p < 0.001, d = 1.399; 从右往左趋近大山, M = 0.89, SD = 0.62, t(13) = 5.38, p < 0.001, d = 1.436; 从左往右远离大山, M = 2.73, SD = 1.30, t (13) = 7.84, p < 0.001, d = 2.100; 从右往左远离大山, M = 3.25, SD = 1.25, t(13) = 9.70, p < 0.001, d = 2.600, 显示 4 种情况下均出现了表征动量现象。运动方向和相对关系的重复测量方差分析结果显示, 运动方向的主效应不显著, F (1, 13) = 0.23, p = 0.639; 相对关系的主效应显著, F (1, 13) = 55.71, p < 0.001, η^2_p = 0.811, 远离情况下的偏移加权均数更大; 运动方向和相对关系的交互效应不显著, F (1, 13) = 1.63, p = 0.224。

5.4　讨论

实验发现了远离大山时的偏移量大于趋近大山的偏移量, 和实验 1b 结果一致。由于大山是在保持间隔期间呈现的, 偏移量增加可能是因为有大山的分散注意作用, 因此本实验结果可能源于以下效应的累加：当飞机趋近大山时, 由于表征动量的影响产生向前的偏移(+), 并有来自危险地标的排斥效应(–), 还有来自大山作为分心物的注意效应(+), 三者累加决定了最终偏移量; 当飞机远离大山时, 表征动量的向前偏移(+)和大山排斥作用(+)及大山作为分心物的注意效应(+)决定了最终偏移量。

6 实验 1 和实验 2 的数据比较

6.1　实验结果

将实验 1 和实验 2 的数据结合起来可以得到一个 2 (地标呈现时间: 诱导期间、保持间隔期间) × 2 (地标情景：安全、危险) × 2(地标和运动目标的相对关系：趋近、远离)的混合实验设计, 由于同一批被试在完成实验 1a (或 1b)一周后才参加实验 2a (或 2b), 间隔时间较长,

因此将地标呈现时间视为被试间变量，地标情景同样是被试间变量，运动目标和地标的相对关系是被试内变量，偏移加权均数是因变量。因在前面分析中没有发现方向效应，因此不再对运动方向进行分析。

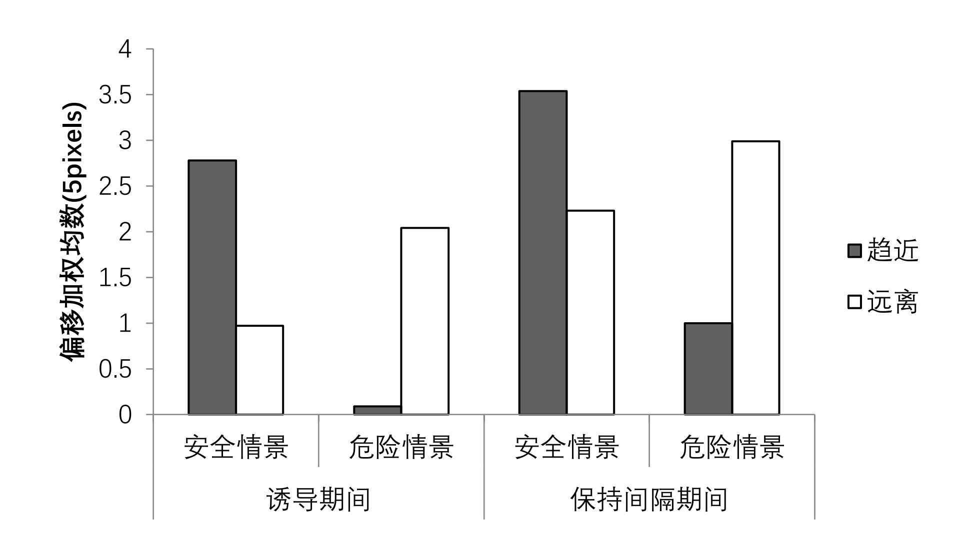


图 7　八种处理条件下的偏移加权均数

8 种处理条件下的偏移加权均数的平均数和标准差见图 7，重复测量方差分析显示，相对关系的主效应不显著, $F(1, 52) = 1.413$, $p = 0.240$；呈现时间的主效应显著, $F(1, 52) = 32.30$, $p < 0.001$, $\eta^2_p = 0.383$，保持间隔期间呈现地标的偏移量更大；地标情景的主效应显著，$F(1, 52) = 24.61$, $p < 0.001$, $\eta^2_p = 0.321$，安全地标引起的表征动量更大，趋近危险地标的偏移量小而拉开了两种地标的差异；相对关系和呈现时间的交互作用不显著，$F(1, 52) = 0.62$, $p = 0.434$；相对关系和地标情景的交互作用显著, $F(1, 52) = 108.14$, $p < 0.001$, $\eta^2_p = 0.675$，见图 8；呈现时间和地标情景的交互作用不显著, $F(1, 52) = 0.064$, $p = 0.803$；三因素交互作用不显著, $F(1, 52) = 0.46$, $p = 0.503$。相对关系和情景的交互作用的简单效应分析显示，在安全地标情景下，飞机趋近跑道时的偏移加权均数($M = 3.16$, $SD = 1.17$)显著大于飞机远离跑道时的偏移加权均数($M = 1.60$, $SD = 1.20$), $t(27) = 5.50$, $p < 0.001$, $d = 1.316$；在危险情景下，飞机趋近大山的偏移加权均数($M = 0.55$, $SD = 0.59$)小于飞机远离跑道时的偏移加权均数($M = 2.51$, $SD = 0.99$), $t(27) = -10.89$, $p < 0.001$, $d = -2.405$。在飞机趋近客体时，安全情景下的偏移量更大，$t(54) = 10.51$, $p < 0.001$, $d = 2.817$，在飞机远离客体时，危险情景下的偏移量更大，$t(54) = -3.12$, $p < 0.01$, $d = -0.827$，再次从另一个角度体现了安全地标的吸引效应和危险地标的排斥效应。

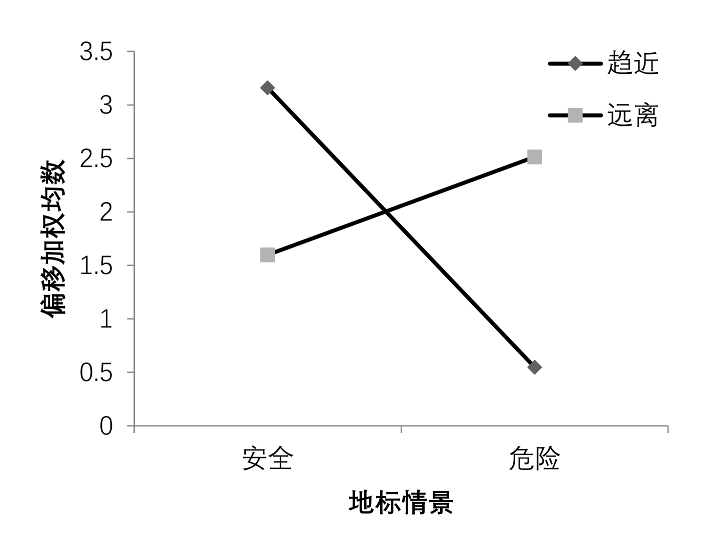


图 8　运动客体–地标相对关系和地标情景的交互作用图

6.2　讨论

对运动客体消失位置的判断发生了系统性的偏移，这种偏移受到了地标呈现时间、地标情景、地标和运动目标相对关系的影响。地标呈现时间的主效应显示，突然呈现的地标会使运动客体的表征动量加大，地标客体的短暂呈现引起了观察者对运动目标的注意力减弱，进而导致了偏移量的显著增加。

虽然相对关系的主效应不显著，但从情景和相对关系的交互作用的简单效应分析中可知，相对关系对偏移量是有明显作用的，只不过其效应的大小和方向依赖于地标情景的不同水平。在飞机趋近跑道时，表征动量效应得到增强，而在趋近大山时，这种吸引效应是减弱的；在远离地标时，远离大山的表征动量效应增强，危险地标阻碍了人们对飞机继续做前行运动的预期，使得趋近的表征动量下降，而在飞机远离大山时这种预期使偏移量增加了。

7　总讨论

7.1　表征动量的地标吸引效应和地标排斥效应

实验 1 和实验 2 考察了在不同的飞行情景下表征动量和地标效应对运动客体最终位置的影响。虽然在实验各部分讨论中我们区分了表征动量效应和运动客体的最终偏移量，是因为表征动量受到了实验条件的影响增大或减小了，因此总体上仍然可以用表征动量一词表达我们最终的实验发现。研究发现，趋近安全地标的表征动量大于趋近危险地标的表征动量且趋近危险地标的表征动量减弱或消失，远离安全地标的表征动量小于远离危险地标的表征动量，趋近安全地标的表征动量大于远离安全地标的表征动量，趋近危险地标的表征动量小于远离危险地标的表征动量。

在安全情景下，不论是趋近跑道还是远离跑道，偏移加权均数都显著大于零，且当飞机趋近跑道时的偏移加权均数显著大于远离水平下的偏移加权均数。可见，跑道具有一般地标的吸引效应。不过，跑道对飞机的吸引效应还可以从更宽泛的结果显示出来，即飞机趋近跑道的偏移量大于趋近大山的偏移量，飞机远离跑道的偏移量小于远离大山的偏移量，说明同样是地标但引起的表征动量改变是不一样的，跑道对飞机的地标吸引效应是多重的，包括普

通地标可能存在的吸引效应和跑道本身对飞机的吸引作用。这提示我们，未来研究可分离无意义地标和有意义地标不同的吸引效应，在量上表现不同吸引效应大小。

在危险情景下，当飞机远离大山时有更大的偏移量，甚至在实验 1b 中当飞机左向趋近大山时表征动量消失。趋近大山表征动量的减小或者消失说明大山这一地标对飞机的吸引效应下降，一般地标或许对运动目标有吸引作用，但大山作为危险地标表现出对飞机运动移位的外推排斥作用抵消了或减小了普通地标的吸引作用，总体表现为排斥效应。未来研究还可通过设置诸如同等运动目标条件下的无地标条件作为对比来探索有意义地标排斥效应的大小。

可见，地标效应的产生取决于地标意义属性，表征动量现象受到目标和地标之间的因果关系的影响，表征动量随着情景意义而改变。

还需要强调的是，远离安全地标条件下和趋近大山地标仍然有表征动量现象，这应该和飞机具有一定指向特征有关，飞机前行运动的表征动量比一般无意义运动客体大。并且，4 个小实验均未发现表征动量的方向效应，这可能和本研究设置的意义场景有关。

7.2 注意对表征动量的影响

和实验 1 比较，实验 2 两个实验的地标均是在保持间隔呈现的，是一种突然呈现的地标，综合比较发现呈现时间具有主效应，在保持间隔时间呈现有意义地标会使表征动量增大。不论是安全情景还是危险情景，趋近和远离水平下短暂呈现的地标刺激都使得被试对运动目标最终位置判断的偏移量显著大于地标呈现时间较长的偏移量。安全地标和危险地标作为飞机的关联客体使得被试的注意力发生转移，这种分散注意会使表征动量增加，这和先前采用无意义刺激的研究结果一致(Hayes & Freyd, 2002; Munger & Owens, 2004; Joordens et al., 2004; 翟坤, 张志杰, 2012)。虽然 Kerzel (2003)指出注意是产生表征动量的必要条件，但他同时也发现在运动目标消失时(或此后不久)突然出现的分心物会把注意力从之前对运动目标的关注转移到分心物上，因此，对目标刺激位置的记忆会发生朝向分心物的偏移 Kerzel (2002)。可知，上述研究者的研究结果并不是对立关系，而是相互补充关系。

就本文结果看，注意对表征动量的影响还涉及更多的内容。本文认为，注意对表征动量的影响依据刺激特征和情景特征而定。对有意义属性、有指向的运动目标的集中注意和对无意义目标刺激的集中注意其引发的表征动量可能不一致。如果再有和运动目标相互影响的关联地标，那么注意对表征动量的影响会更加依赖运动目标和地标的相互关系、情景特征及地标本身的意义属性。由于本研究中飞机目标具有明显的意义特征和方向特征，安全地标、危险地标和运动目标的关联性很强，它们共同构成了不同意义的飞行情景，因此，突然呈现刺激会增加表征动量的偏移量正是由本情景特征决定的。安全地标和危险地标作为有意义刺激吸引了注意力，使得观察者对运动目标的注意力被分散，导致对运动目标的表征动量增强。

7.3 表征动量的认知可渗透性

综合实验结果可知，情景对表征动量的影响本质上表明对运动物体最终位置的记忆是受到人们的生活经验影响的，情境中的表征动量是一个具有认知可渗透性的高水平加工。认知可渗透性(cognitive penetrability)是指如果背景知识或概念对某种作业的加工产生了影响，那么这种加工便被认为具有认知可渗透性。早先，Reed 和 Vinson (1996)的研究结果支持了表征动量的认知可渗透性，他们发现表征动量大小可由概念驱动。国内董蕊(2015)的研究也支持表征动量的认知可渗透性。Hubbard (2017)认为观察者的认识或信念可以认知渗透行为或结果，这种知识或信念包括变化的或不变的知识、内隐的和外显的知识，然而，具体领域中

究竟是什么样的知识决定了认知渗透性还需要具体分析。此外，对信息意义的认识和敏感性也影响动量大小。不过，他也指出，表征动量同时具有认知不可渗透性，表征动量的存在是相对稳定的，比如并不会受到外显指导语(Courtney & Hubbard, 2008)。

本研究主要验证了表征动量的认知渗透性，地标和运动目标关联性高，有较强因果关系，构成了不同意义情景。如果偏移量仅仅是由表征动量和地标吸引效应导致的，那么偏移量只会受到运动客体的形状和地标大小的影响。而在本研究中，观察者的偏移量受到了不同情景的影响，他们根据以往的经验知识去理解情景所包含的意义，说明表征动量具有认知可渗透性。方向效应的消解和地标突然呈现使表征动量大幅度增加也正是这种意义渗透的结果。Hubbard (2005)指出表征动量包含高水平的加工过程，表征动量不仅有对运动目标的运动来源归因，还会受到目标典型性、身份特征和背景的影响。此外，有研究发现大脑皮层的特定区域和表征动量效应有关(e.g., Rao et al., 2004)，说明表征动量包含了自上而下的加工。

总体看来，人们对运动物体消失时位置的记忆会发生沿着物体运动方向的偏移，说明表征动量效应难以消除。但是当背景中有其它关联客体(地标)呈现时，关联客体本身所蕴含的意义对人们的判断产生了影响，人们根据已有的知识经验来理解情景。

本研究的实践意义是，飞行场景中，对飞机运动位置的判断需要考虑飞机前进方向、地标或场景意义及地标出现时间的综合影响。

8 结论

(1)飞行场景中飞机的表征动量较强。

(2)飞行场景中，趋近安全地标的表征动量大于趋近危险地标的表征动量，远离安全地标的表征动量小于远离危险地标的表征动量，趋近安全地标的表征动量大于远离安全地标的表征动量，趋近危险地标的表征动量小于远离危险地标的表征动量。安全地标呈现出地标吸引效应，而危险地标呈现出地标排斥效应。

(3)高关联的安全和危险地标使飞机的表征动量不受运动方向影响。

(4)保持间隔期间突然呈现的高关联的安全和危险地标使飞机的表征动量增加。

以上结果说明表征动量的地标效应受制于地标意义特征，表征动量受到目标和地标之间的因果关系和情景意义的影响。

参考文献

Blätter, C., Ferrari, V., Didierjean, A., & Marmèche, E. (2011). Representational momentum in aviation. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 37*(5), 1569–1577.

Blätter, C., Ferrari, V., Didierjean, A., & Marmèche, E. (2012). Role of expertise and action in motion extrapolation from real road scenes. *Visual Cognition, 20*(8), 988–1001.

Courtney, J. R., & Hubbard, T. L. (2008). Spatial memory and explicit knowledge: An effect of instruction on representational momentum. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 61*, 1778–1784.

Didierjean, A., Ferrari, V., & Blättler, C. (2014). Role of knowledge in motion extrapolation: The relevance of an approach contrasting experts and novices. In B. H. Ross (Ed), *The psychology of learning and motivation* (pp. 215–235, Vol. 61). Burlington: Academic Press.

Dong, R. (2015). Facing orientation effect on representational momentum. *Acta Psychologica Sinica, 47*(2), 190–202.

[董蕊. (2015). 表征动量的朝向效应. *心理学报, 47*(2), 190–202.]

Finke, R. A., & Freyd, J. J. (1985). Transformations of visual memory induced by implied motions of pattern elements. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 11*, 780–794.

Freyd, J. J. (1983). The mental representation of movement when static stimuli are viewed. *Perception & Psychophysics, 33*, 575–581.

Freyd, J. J., & Finke, R. A. (1984). Representational momentum. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 10*, 126–132.

Freyd, J. J., & Jones, K. T. (1994). Representational momentum for a spiral path. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 20*, 968–976.

Freyd, J. J., & Miller, G. F. (1992, November). *Creature motion*. Paper presented at the 33rd Annual Meeting of the Psychonomic Society, St. Louis.

Freyd, J. J., & Pantzer, T. M. (1995). Static patterns moving in the mind. In S. M. Smith, T. B. Ward, & R. A. Finke (Eds.), *The creative cognition approach* (pp. 181–204). Cambridge, MA: MIT Press.

Halpern, A. R., & Kelly, M. H. (1993). Memory biases in left versus right implied motion. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 19*, 471–484.

Hayes, A. E., & Freyd, J. J. (2002). Representational momentum when attention is divided. *Visual Cognition, 9*, 8–27.

Hubbard, T. L. (1990). Cognitive representation of linear motion: Possible direction and gravity effects in judged displacement. *Memory and Cognition, 18*, 299–309.

Hubbard, T. L. (1993). The effect of context on visual representational momentum. *Memory and Cognition, 21*, 103–114.

Hubbard, T. L. (1996). Representational momentum, centripetal force, and curvilinear impetus. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 22*, 1049–1060.

Hubbard, T. L. (2005). Representational momentum and related displacements in spatial memory: A review of the findings. *Psychonomic Bulletin and Review, 12*(5), 822–851.

Hubbard, T. L. (2008). Representational momentum contributes to motion induced mislocalization of stationary objects. *Visual Cognition, 16*(1), 44–67.

Hubbard, T. L. (2010). Approaches to representational momentum: Theories and models. In R. Nijhawan & B. Khurana (Eds.), *Space and time in perception and action* (pp. 338–365). Cambridge: Cambridge University Press.

Hubbard, T. L. (2013a). Phenomenal causality I: Varieties and variables. *Axiomathes, 23*(1), 1–42.

Hubbard, T. L. (2013b). Launching, entraining, and representational momentum: Evidence consistent with an impetus heuristic in perception of causality. *Axiomathes, 23*(4), 633–643.

Hubbard, T. L. (2014). Forms of momentum across space: Representational, operational, and attentional. *Psychonomic Bulletin and Review, 21*(6), 1371–1403.

Hubbard, T. L. (2017). Toward a general theory of momentum-like effects. *Behavioural Processes, 141*, 50–56.

Hubbard, T. L., & Bharucha, J. J. (1988). Judged displacement in apparent vertical and horizontal motion. *Perception and Psychophysics, 44*(3), 211–221.

Hubbard, T. L., Blessum, J. A., & Ruppel, S. E. (2001). Representational momentum and Michotte's "Launching Effect" paradigm. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 27*, 294–301.

Hubbard, T. L., & Courtney, J. R. (2010). Cross-modal influences on representational momentum and representational gravity. *Perception, 39*, 851–862.

Hubbard, T. L., Kumar, A. M., & Carp, C. L. (2009). Effects of spatial cueing on representational momentum. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 35*, 666–677.

Hubbard, T. L., & Ruppel, S. E. (1999). Representational momentum and the landmark attraction effect. *Canadian Journal of Experimental Psychology, 53*(3), 242–256.

Hubbard, T. L., & Ruppel, S. E. (2000). Spatial memory averaging, the landmark attraction effect, and representational gravity. *Psychological Research, 64*(1), 41–55.

Hubbard, T. L., & Ruppel, S. E. (2017). Perceived causality, force, and resistance in the absence of launching. *Psychonomic Bulletin and Review, 24*, 591–596.

Johnston, H. M., & Jones, M. R. (2006). Higher order pattern structure influences auditory representational momentum. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 32*, 2–17.

Joordens, S., Spalek, T. M., Razmy, S., & van Duijn, M. (2004). A clockwork orange: Compensation opposing momentum in memory for location. *Memory and Cognition, 32*(1), 39–50.

Kerzel, D. (2002). Attention shifts and memory averaging. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 55*, 425– 443.

Kerzel, D. (2003). Attention maintains mental extrapolation of target position: Irrelevant distractors eliminate forward displacement after implied motion. *Cognition, 88*, 109–131.

Liu, H. Q. (2014). *The influence of target motion on the momentum of representation* (Unpublished doctorial dissertation). Capital Normal University.

[刘浩强. (2014). *目标运动归因对表征动量的影响* (博士学位论文). 首都师范大学.]

Munger, M., & Owens, T. R. (2004). Representational momentum and the flash-lag effect. *Visual Cognition, 11*(1), 81–103.

Nagai, M., & Yagi, A. (2001). The pointedness effect on representational momentum. *Memory and Cognition, 29*(1), 91–99.

Rao, H. Y., Han, S. H., Jiang, Y., Xue, Y. P., Gu, H., Cui, Y., & Gao, D. G. (2004). Engagement of the prefrontal cortex in representational momentum: An fMRI study. *NeuroImage, 23*(1), 98–103.

Reed, C. L., & Vinson, N. G. (1996). Conceptual effects on representational momentum. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 22*, 839–850.

Thornton, L., & Hayes, A. (2004). Anticipating action in complex scenes. *Visual Cognition, 11*, 341–370.

Whitney, D., & Cavanagh, P. (2002). Surrounding motion affects the perceived locations of moving stimuli. *Visual Cognition, 9*, 139–152.

Zhai, K., & Zhang, Z. J. (2012). The effect of spatial-temporal cue on representational momentum. *Journal of Psychological Science, 35*(6), 1309–1314.

[翟坤, 张志杰. (2012). 线索呈现的时空特性对表征动量的影响. *心理科学, 35*(6), 1309–1314.]

Zhai, K., & Zhang, Z. J. (2013). The effects of cues on representational momentum. *Journal of Psychological Science, 36*(1), 51–56.

[翟坤, 张志杰. (2013). 线索提示对表征动量的影响. *心理科学, 36*(1), 51–56.]

Landmark attraction effect and landmark repulsion effect on representational momentum in airplane movement scene

YAN Bihua; LIU Xiaomin; LIU Haozhe

(*School of Psychology, Shaanxi Normal University, Xi´an* 710062, *China*)

Abstract

The term representational momentum has been used to describe a forward displacement of the final position of a moving target and also as an explanatory mechanism for that forward displacement. Landmark attraction effect refers to the remembered orientation of a target shifted towards the orientation of a surrounding context object. Previous studies on moving targets and landmarks have been limited to the effects of physical properties, such as the size of the stimulus, or the speed of movement, on the displacement of another object. The present study focused on the effects of the situational significance, the relative relationship between the moving target and the relevant landmark, the movement directions of the target and the presentation time of the landmarks on the judgment of the moving target position.

The inducing movement paradigm was adopted to investigate the representational momentum effect in the flight scene, in which the airplane target and the landmarks were designed as simple line-drawing images. The stationary airstrip and the mountain were classified as safe landmarks and dangerous landmarks, respectively, forming a causal relationship with the aircraft target, which together constituted a specific aircraft movement scene. Four experiments were designed to compare the effects of different landmarks. Experiments 1a and 1b focused on the relationship between the aircraft and the safe landmark or dangerous landmark and the movement direction of the aircraft on the representational momentum, while the landmark remained visible in the induction duration. Experiments 2a and 2b addressed the same variable relationship as in Experiments 1a and 1b except that the landmark was shown during the retention interval.

The findings of the four experiments were as follows. First, significant forward distortions were observed under all conditions with the exception of leftward- toward the dangerous landmark motion, indicating that the representational momentum effect was universal in the flight scene. Second, forward displacement was influenced by target approaches and was larger when targets moved toward the safe landmark than when moving away from the same landmark. In addition, it was also larger when targets moved away from the dangerous landmark than when they moved toward it. The representational momentum of the approaching safe landmark was larger than that of the dangerous landmark, and the momentum of moving away from the safe landmark was smaller than that of the dangerous landmark. In this way, the safe landmark showed landmark an attraction effect, and the dangerous landmark showed a repulsion effect. Third, the direction of movement of the aircraft had no significant effect on the representational momentum, and the representational momentum increased when the safe landmark or the dangerous landmark was shown during the retention interval, demonstrating the effect of the scenario on the directional effect and attention effect of the momentum.

In conclusion, the results of this study suggested that the landmark effect of the representational momentum was influenced by the relevant features of the landmark, which was measured by the causality and the situational significance between the target and the landmark. The memory of the location of the moving object will shift along the direction of the object's movement, indicating that the momentum effect is difficult to eliminate. However, when there are other related objects (landmarks) in the scene, the nature and the importance of the object has an impact on people's judgment.

Key words representational momentum; landmark attraction effect; landmark repulsion effect; scene; forward displacement